



TUGAS AKHIR

Pembuatan Tinta Konduktif Perak Oksalat Berbasis *Metal Organic Decomposition* (MOD)

RACHMAT HISYAM FEBRIANSYAH
NRP 1412 100 051

Dosen Pembimbing
Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M. Si.
Dra. Harmami, MS.

JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017



FINAL PROJECT

Synthesis Silver Oxalate Conductive Ink-Based On Metal Organic Decomposition (MOD)

RACHMAT HISYAM FEBRIANSYAH
NRP 1412 100 051

Advisor Lecturer
Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M. Si.
Dra. Harmami, MS.

CHEMISTRY DEPARTMENT
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES
TENTH OF NOVEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2017

**Pembuatan Tinta Konduktif Perak Oksalat Berbasis *Metal
Organic Decomposition* (MOD)**

Tugas Akhir

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana pada Bidang Studi Instrumentasi dan Sains Analitik

Program S-1

Jurusan Kimia

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

Oleh :

RACHMAT HISYAM FEBRIANSYAH
NRP. 1412 100 051

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

Pembuatan Tinta Konduktif Perak Oksalat Berbasis *Metal Organic Decomposition* (MOD)

Tugas Akhir
Oleh :

RACHMAT HISYAM FEBRIANSYAH
NRP 1412 100 051

Surabaya, 24 Januari 2017

Disetujui oleh Pembimbing
TUGAS AKHIR

Dosen pembimbing I

Dosen pembimbing II



Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M. Si.
NIP. 19740428 199802 1 001



Dra. Harmami, MS.
NIP. 19611216 198803 2 002



Mengetahui
Ketua Jurusan Kimia,

Prof. Dr. Dadik Prasetyoko, S.Si., M.Sc.
NIP. 19710616 199703 1 002

Pembuatan Tinta Konduktif Perak Oksalat Berbasis *Metal Organic Decomposition* (MOD)

Nama : Rachmat Hisyam Febriansyah
NRP : 1412 100 051
Jurusan : Kimia FMIPA
Pembimbing : Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M. Si.
Dra. Harmami, MS.

ABSTRAK

Tinta konduktif berbasis *metal organic decomposition* (MOD) telah berhasil dibuat. Prekursor perak pada penelitian ini berasal dari perak oksalat. Perak oksalat direaksikan dengan amonia sebagai agen pengompleks. Kompleks perak oksalat-amonia ditambahkan agen pereduksi berupa etilen glikol, sehingga membentuk tinta konduktif. Tinta dicetak pada media kertas foto dengan metode penulisan secara langsung. Kertas foto kemudian dipanaskan untuk memperoleh pola konduktif. Pengaruh konsentrasi etilen glikol, suhu dan waktu pemanasan terhadap pola konduktif juga diteliti. Konduktivitas pola yang dihasilkan, diukur nilai resistansinya menggunakan multimeter. Nilai resistansi rendah sebesar $2,562 \Omega$, diperoleh pada penambahan etilen glikol 40% yang dipanaskan pada suhu 215°C selama 60 menit. Permukaan pola konduktif dianalisa menggunakan mikroskop optik.

***Kata kunci* : tinta konduktif, MOD, etilen glikol, resistansi.**

Synthesis Silver Oxalate Conductive Ink-Based On Metal Organic Decomposition (MOD)

Name : Rachmat Hisyam Febriansyah
NRP : 1412 100 051
Department : Kimia FMIPA
Advisor Lecturer : Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M. Si.
Dra. Harmami, MS.

ABSTRACT

Conductive ink-based on metal organic decomposition (MOD) has been made, silver oxalate has chosen as silver precursor, ammonia as complexing agent, ethylen glycol was added to silver oxalate-ammonia complex as reducing agent, the ink was printed to glossy paper via direct writing method, then heated to get the conductive track . the influence of ethylen glycol concentration, temperature, and time to the conductive pattern has been investigated. the resistance of conductive track measured by multimeter, The optimum resistance was 2,562 Ω , it was obtained when the ink was heated at 215 °C for 60 minutes, the surface of conductive track analyzed by optic microscope.

Keywords : conductive ink, MOD, ethylen glycol, resistance

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga naskah tugas akhir berjudul “Pembuatan Tinta Konduktif Perak Oksalat Berbasis *Metal Organic Decomposition* (MOD)” dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan naskah ini tidak luput dari dukungan dari beberapa pihak. Oleh sebab itu, penulis sangat berterima kasih kepada:

1. Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama proses penyusunan tugas akhir ini.
2. Prof. Dr. Didik Prasetyoko, S.Si., M.Sc, selaku Ketua Jurusan Kimia atas fasilitas yang telah diberikan hingga naskah tugas akhir ini dapat terselesaikan.
3. Dra. Ita Ulfin, M.Si., selaku dosen wali atas pengarahannya dalam pengambilan mata kuliah.
4. Kedua orang tua yang selalu memberikan semangat, dukungan dan doa.
5. Teman-teman mahasiswa Kimia FMIPA, SPECTRA, dan teman-teman laboratorium instrumentasi dan sains analitik.
6. Semua pihak yang telah membantu yang tidak mungkin saya sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penulisan naskah tugas akhir ini tidak lepas dari kekurangan. Semoga tugas akhir ini memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Surabaya, 19 Desember 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1 Tinta Konduktif	5
2.1.1 Jenis Tinta Konduktif dengan Materi Konduktif Logam	5
2.1.1.1 Tinta Konduktif Nano Partikel	5
2.1.1.2 Tinta Konduktif MOD	6
2.1.1.3 Tinta Katalis	7
2.1.1.4 Tinta Konduktif Redoks	8
2.1.2 Proses Sinter	8
2.1.2.1 Sinter termal	9
2.1.2.2 Sinter Foton	9
2.1.2.3 Sinter Gelombang Mikro	9
2.1.2.4 Sinter Elektrik	10
2.2 Etilen Glikol	10
2.3 Amonia	11

2.4 Mikroskop Optik	11
2.5 Konduktivitas	12
2.6 Uji Anova	14
2.7 Uji <i>Least Significant Difference</i> (LSD).....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Alat dan Bahan	17
3.1.1 Alat	17
3.1.2 Bahan.....	17
3.2 Metodologi Penelitian	17
3.2.1 Pembuatan Larutan Etilen Glikol	17
3.2.1.1 Pembuatan Lartuan Etilen Glikol 40%	17
3.2.1.2 Pembuatan Larutan Etilen Glikol 30%	17
3.2.1.3 Pembuatan Larutan Etilen Glikol 20%	18
3.2.1.4 Pembuatan larutan etilen glikol 10%.....	18
3.2.2 Pembuatan AgNO ₃	18
3.2.3 Pembutan Perak Oksalat.....	18
3.2.4 Pembuatan Tinta Konduktif	18
3.2.5 Pembuatan Pola Konduktif.....	19
3.2.6 Variasi Temperatur Pemanasan pada Pola Konduktif	19
3.2.7 Variasi Waktu Pemanasan pada Pola Konduktif	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1 Pembuatan Perak Oksalat.....	21
4.2 Pembuatan Tinta Konduktif	21
4.3 Pengaruh Konsentrasi Etilen Glikol terhadap Hasil Cetak Tinta Konduktif	22
4.3.1 Uji Anova dan Uji LSD pada Data Resistansi Variasi Konsentrasi Etilen Glikol	25
4.4 Pegaruh Suhu Pemanasan Terhadap Nilai Resistansi.....	28
4.4.1 Uji Anova dan Uji LSD pada data resistansi variasi Suhu pemanasan selama 20 menit.	29
4.5 Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap Nilai Resistansi	32
4.5.1 Uji Anova dan Uji LSD pada Data Resistansi Variasi Waktu Pemanasan	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	35

5.1 Kesimpulan.....	35
5.2 Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA.....	37
LAMPIRAN.....	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Mekanisme kerja tinta konduktif nano partikel	5
Gambar 2. 2 Mekanisme kerja tinta konduktif MOD	6
Gambar 2. 3 Mekanisme kerja tinta konduktif katalis	7
Gambar 2. 4 Mekanisme kerja tinta konduktif redoks.....	8
Gambar 2. 5 Struktur etilen glikol	10
Gambar 2. 6 Proses pembentukan bayangan pada mikroskop optik	12
Gambar 2. 7 Susunan <i>closest-packing arrangement</i> atom logam	13
Gambar 2. 8 perbedaan pita energi bahan isolator (A), semikonduktor (B), dan konduktor (C)	14
Gambar 3.1 Alat tulis untuk mencetak pola konduktif.....	19
Gambar 4. 1 Hasil sintesis perak oksalat.....	21
Gambar 4. 2 Tinta konduktif tanpa penambahan etilen glikol (A), penambahan etilen glikol 10% (B), penambahan etilen glikol 20% (C), penambahan etilen glikol 30% (D) dan penambahan etilen glikol 40% (E).	22
Gambar 4. 3. Penampakan mikroskopis pola konduktif yang telah dipanaskan pada suhu 170 °C selama 20 menit dengan penambahan etilen glikol: (A) 0%; (B) 10%; (C) 20%; (D)30% dan (E) 40%.23	
Gambar 4. 4 Ilustrasi pengeringan tinta konduktif yang dipengaruhi efek cincin kopi.	23
Gambar 4. 5. Grafik pengaruh konsentrasi etilen glikol terhadap nilai resistansi	24
Gambar 4. 6 Grafik pengaruh suhu pemanasan terhadap nilai resistansi.	28
Gambar 4. 7 Grafik pengaruh waktu pemanasan terhadap nilai resistansi.....	32

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik etilen glikol	10
Tabel 2. 2 Hasil notasi pada uji LSD.....	16
Tabel 3. 1 Variasi konsentrasi etilen glikol.....	19
Tabel 4. 1 Perhitungan data statistik resistansi pola konduktif untuk uji anova.....	25
Tabel 4. 2 Uji Anova data resistansi pola konduktif dengan variasi konsentrasi.....	27
Tabel 4. 3 Uji LSD data resistansi pola konduktif dengan variasi konsentrasi etilen glikol.....	27
Tabel 4. 4 Perhitungan Data Statistik Resistansi Pola Konduktif untuk Uji Anova dengan variasi suhu pemanasan	29
Tabel 4. 5 Uji Anova data resistansi pola konduktif dengan variasi suhu pemanasan.....	31
Tabel 4. 6 Uji LSD data resistansi pola konduktif dengan variasi suhu pemanasan selama 20 menit.	31
Tabel 4. 7 Perhitungan data statistik resistansi pola konduktif untuk uji anova pada variasi waktu pemanasan	33
Tabel 4. 8 Uji Anova data resistansi pola konduktif dengan variasi waktu pemanasan	34
Tabel 4. 9 Uji LSD data resistansi pola konduktif dengan variasi waktu pemanasan.	34

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Skema Kerja	41
Lampiran B Pembuatan Larutan	42
Lampiran C Perhitungan Pembuatan Padatan Perak Nitrat	43
Lampiran D Perhitungan Pembuatan Padatan Perak Oksalat ...	44
Lampiran E Hasil pengukuran resistansi pola konduktif	45

*Karya ini ku persembahkan untuk
Ibu, bapak, kakak
Yang selalu mendukungku
Partner tugas akhir saya, Nafis Qurtubi
Keluarga besar SPECTRA tercinta
Keluarga besar Kimia FMIPA ITS
Teman-teman laboratorium Instrumentasi dan Sains Analitik
Yang aku sayangi*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Etching atau etsa merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk mendapatkan pola konduktif pada *printed circuit board* (PCB). Prinsip dari teknik ini adalah menghilangkan bagian PCB yang tidak terlindung dengan bantuan reaksi kimia. Namun, teknik ini memerlukan biaya besar dan diperlukan proses cukup panjang untuk mendapatkan pola konduktif yang diinginkan, serta menghasilkan limbah kimia yang cukup besar (Kim dkk., 2006). Hasil pola konduktif dari metode ini juga memiliki permukaan yang tidak seragam. Oleh karena itu, para peneliti mencoba mengembangkan metode alternatif untuk menulis pola konduktif secara langsung pada sebuah media dengan tinta konduktif.

Pola konduktif adalah pola yang memiliki kemampuan untuk menghantarkan arus listrik, salah satu metode yang dapat digunakan untuk memperoleh pola konduktif adalah dengan menggunakan tinta konduktif (Osborn, 2013). Sebuah tinta memiliki sifat konduktif karena tinta mengandung filler material konduktif seperti grafit, keramik, dan logam. Logam dapat dimanfaatkan sebagai filler pada tinta dengan cara menjadikan logam tersebut berukuran nano (*nano based ink*) atau berfase organik (*particle-free MOD ink*, dengan MOD adalah *metal-organic-decomposition*).

Penggunaan tinta nanopartikel memerlukan suhu yang relatif lebih tinggi untuk memunculkan pola konduktif, sehingga bahan untuk media cetaknya sangat terbatas. Selain itu, tidak dipungkiri bahwa penggunaan tinta berbasis nano partikel memiliki resiko terjadinya aglomerasi partikel. Proses aglomerasi yang terjadi dapat menyebabkan gangguan pada alat cetak (Yu dkk., 2013). Alternatif lain dalam pemanfaatan

logam sebagai filler pada tinta adalah dengan membuat logam menjadi *metal-organic-decomposition* atau MOD. Tinta MOD tidak memerlukan suhu tinggi untuk memunculkan pola konduktif, sehingga dapat digunakan pada media yang sensitif terhadap suhu tinggi. Kelebihan lain dari tinta MOD adalah proses pembuatan yang terbilang sederhana dan tidak memakan biaya besar. Tinta MOD pada dasarnya memiliki komposisi seperti pembawa logam, pelarut organik, agen pereduksi lemah, dan zat aditive.

Sebelumnya telah dilakukan penelitian terkait tinta konduktif. Dong dkk (2015) telah mensintesis tinta konduktif dengan mengkomplekkan perak oksalat dengan etilamin sebagai ligan dan etilen glikol sebagai agen pereduksi.

Chang dkk (2012) telah memvariasikan jenis amin yang digunakan. Pada penelitiannya perak yang digunakan adalah perak karbonat, hasil menunjukkan amonia memiliki daya larut yang baik pada perak karbonat.

Penelitian ini dilakukan pembuatan tinta konduktif dari perak oksalat sebagai perkursor, amonia sebagai pelarut dan etilen glikol sebagai agen pereduksi. Media cetak yang digunakan dalam penelitian ini adalah kertas foto. Kertas foto dipilih karena lebih ramah lingkungan jika dibanding dengan media polimer. Variasi konsentrasi etilen glikol dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap nilai resistansi dari pola konduktif yang dihasilkan. Optimasi suhu dan waktu dilakukan pada proses pemanasan pola konduktif.

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi etilen glikol yang diberikan terhadap nilai resistansi dan bentuk fisik pola konduktif.

2. Berapa suhu dan waktu yang diperlukan untuk memperoleh nilai resistansi minimum pada proses pemanasan pola konduktif

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain konsentrasi etilen glikol yang digunakan adalah sebesar 0, 10, 20, 30, 40%. Suhu yang digunakan untuk proses pemanasan adalah 155, 170, 185, 200, 215 °C. Waktu pemanasan 10-60 menit dengan rentan waktu 10 menit.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi etilen glikol terhadap nilai resistansi dan bentuk fisik pola konduktif serta menentukan suhu dan waktu maksimum untuk menghasilkan nilai resistansi rendah.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan alternatif untuk fabrikasi PCB yang selama ini menggunakan proses *etching*.

“Halaman ini sengaja dikosongka”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

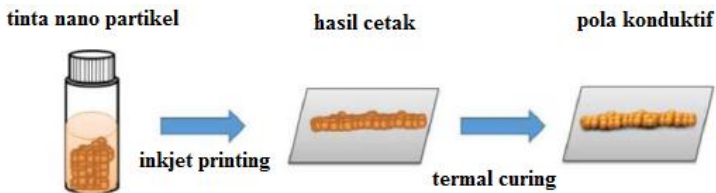
2.1 Tinta Konduktif

Tinta konduktif merupakan tinta dimana hasil cetak dari tinta tersebut berupa pola yang dapat menghantarkan arus listrik atau biasa disebut pola konduktif. Sebuah tinta memiliki karakter konduktif dengan memasukan materi konduktif, seperti grafit, polimer, keramik, atau logam (Osborn, 2013). Logam lebih digemari dikarenakan memiliki konduktivitas yang baik. Terdapat 4 jenis tinta konduktif yang menggunakan logam sebagai material konduktif nya antara lain tinta konduktif nano partikel, tinta konduktif MOD, tinta konduktif katalis, dan reaksi sistem inkjet (Chen dkk., 2015).

2.1.1 Jenis Tinta Konduktif dengan Materi Konduktif Logam

2.1.1.1 Tinta Konduktif Nano Partikel

Untuk mendapatkan pola dengan konduktivitas yang baik, logam seperti perak, tembaga dan emas sering digunakan dalam tinta konduktif. tinta konduktif yang sering digunakan adalah tinta konduktif nanopartikel yang dimana terdapat logam nanopartikel yang terdispersi di dalam suatu pelarut, secara umum proses penggunaan tinta konduktif nano partikel dapat dilihat pada Gambar 2.1.

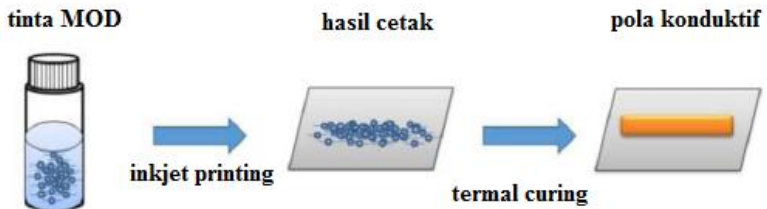


Gambar 2. 1 Mekanisme kerja tinta konduktif nano partikel

Pada tinta nano partikel terdapat agen penstabil yang berfungsi untuk mengurangi terjadinya aglomerasi antar partikel (Jeong dkk., 2011), pola konduktif dari tinta nano partikel membutuhkan suhu sinter yang relatif tinggi untuk menghilangkan zat organik dan agen penstabil. Dengan adanya zat organik dan agen penstabil akan mempengaruhi konduktivitas. Dikarenakan sifat termoplastik dari media polimer, menyebabkan adanya keterbatasan dalam penggunaan media cetaknya. Oleh karena itu para peneliti mencoba menggunakan alternatif lain dalam proses sinter, seperti penggunaan microwave (Perelaer dkk., 2006), laser (Perelaer dkk., 2010), plasma *treatment* (Reinhold dkk., 2009) dan zat kimia (Layani dkk., 2013).

2.1.1.2 Tinta Konduktif MOD

Tinta konduktif MOD adalah tinta yang terbuat dari garam logam yang dilarutkan dalam pelarut organik dengan konsentrasi tinggi. Setelah dicetak pada media, garam logam akan terdekomposisi menjadi pola konduktif dengan proses thermal, secara umum proses penggunaan tinta konduktif nano partikel dapat dilihat pada Gambar 2.2.



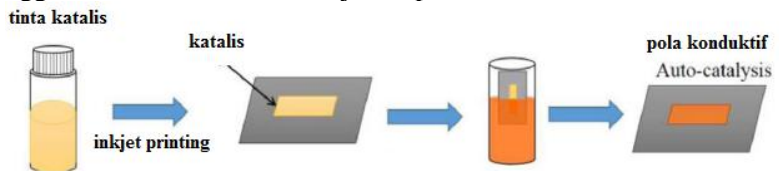
Gambar 2. 2 Mekanisme kerja tinta konduktif MOD

Tidak jarang dalam tinta konduktif MOD diberi agen pereduksi, yang berfungsi untuk membantu terbentuknya pola konduktif, agen pereduksi yang digunakan bisa berupa senyawa yang memiliki gugus fungsi aldehyd secara langsung atau senyawa yang akan muncul gugus aldehydnya ketika dipanaskan (Yu dkk., 2013). Para peneliti telah melakukan pendekatan untuk

memperoleh pola dengan konduktivitas yang baik, valeton dkk, telah mensistesis tinta MOD yang dapat di-*curing* dengan menggunakan UV, sehingga tidak perlu melakukan proses termal untuk memunculkan pola konduktifnya (Valetton dkk., 2010), bromberg dkk telah melakukan pendekatan dengan menggunakan proses plasma pada pola konduktif yang terbuat dari perak nitrat, konduktivitas pola konduktif mendekati konduktivitas logam perak (Bromberg dkk., 2013)

2.1.1.3 Tinta Katalis

Tinta konduktif katalis memiliki prinsip sama seperti jenis tinta yang lain, yaitu adanya zat yang berfungsi mengubah ion logam menjadi padatannya. Proses yang digunakan dalam penggunaan tinta katalis ditunjukkan pada Gambar 2.3.

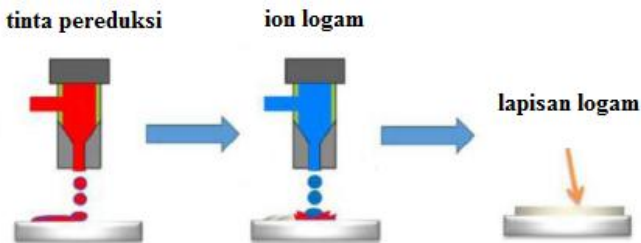


Gambar 2. 3 Mekanisme kerja tinta konduktif katalis

Pada tahap pertama adalah preparasi permukaan dengan menempatkan katalis pada permukaan media, setelahnya katalis dimasukkan kedalam larutan yang mengandung ion logam perak maupun tembaga, ketika dimasukkan kedalam larutan, katalis akan mengubah ion-ion logam kedalam bentuk padatannya, sehingga pola konduktif timbul pada daerah yang telah diberi katalis. Katalis yang digunakan adalah katalis paladium (Pd), katalis Pd dapat mempercepat proses pelapisan oleh tembaga pada sebuah media, namun dikarenakan keterbatasan logam Pd maka digunakan logam perak, namun yang menjadi tantangan saat ini adalah mengubah permukaan media yang digunakan agar sesuai dengan larutan perak yang digunakan.

2.1.1.4 Tinta Konduktif Redoks

Tinta kondtif redoks memiliki dua komponen utama, yang pertama adalah zat yang berfungsi sebagai sumber logam dan yang lain sebagai zat pereduksi (Kao dkk., 2011) telah membuat pola konduktif dengan tinta tipe redoks. Pada penelitiannya digunakan perak amonium dan formaldehid sebagai agen pereduksi. Kedua zat ditempatkan dalam wadah yang berbeda seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Mekanisme kerja tinta konduktif redoks.

Jenis logam yang sering digunakan adalah logam perak, setelah tinta pereduksi ditempatkan pada sebuah media, ion logam ditambahkan diatasnya. Menyebabkan terjadinya reaksi pembentukan cermin perak. Untuk menghilangkan residu yang terdapat pada pola konduktif cukup dibilas dengan aqua DM. Kelebihan dari tinta konduktif jenis ini adalah tidak memerlukan suhu sinter yang tinggi karena reaksi dapat berlangsung pada suhu ruang.

2.1.2 Proses Sinter

Pola konduktif dapat dimunculkan setelah dilakukan proses sinter pada tinta konduktif. proses sinter adalah proses penggabungan partikel logam dibawah titik lebur logam, proses sinter dapat dilakukan dengan meningkatkan suhu (termal sinter), cahaya (foton sinter), radiasi gelombang mikro, dan secara elektrik, pengembangan proses sinter bertujuan untuk meminimalisir adanya kerusakan pada media yang digunakan.

2.1.2.1 Sinter termal

Pemanasan pola konduktif akan menyebabkan penguapan pelarut dan mendorong partikel untuk saling berdekatan. Permasalahan utama untuk mendapatkan pola dengan konduktivitas yang baik adalah adanya residu agen penstabil yang menyelubungi partikel konduktif, pada umumnya dilakukan pemanasan dengan suhu tinggi ($> 300^{\circ}\text{C}$) untuk menghilangkan zat organik pada pola konduktif, dan tidak banyak pola konduktif dapat diperoleh dengan pemanasan pada suhu di bawah 150°C (Fuller dkk., 2002; Gamerith dkk., 2007)

2.1.2.2 Sinter Foton

Mekanisme sinter foton pada tinta konduktif menyerupai mekanisme sinter termal, cahaya dengan intensitas tinggi akan teradsorb oleh tinta konduktif mengakibatkan kenaikan suhu diikuti penguapan pelarut dan proses sinter itu sendiri (Bieri dkk., 2004; Ko dkk., 2007), proses sinter foton lebih efektif jika dibandingkan dengan proses sinter termal, dikarenakan proses sinter hanya terjadi di daerah tertentu saja (selektif). Bieri dkk menggunakan proses sinter cahaya dalam penelitiannya, hasil yang diperoleh adalah pola konduktif yang terbuat dari emas dan memiliki resistivitas enam kali lebih besar dari logam nya.

2.1.2.3 Sinter Gelombang Mikro

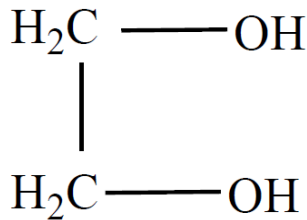
Sebuah proses sinter gelombang mikro baru-baru ini telah dikembangkan oleh Schubert dkk, pada proses sinter gelombang mikro logam dapat disinter lebih cepat jika dibandingkan dengan proses sinter termal, pada proses sinter gelombang mikro terjadi perubahan energi elektromagnetik menjadi energi termal pada material. Kelebihan dari sinter gelombang mikro adalah hemat energi, laju pemanasan cepat, waktu yang diperlukan untuk proses tidak terlalu lama.

2.1.2.4 Sinter Elektrik

Pada proses ini sinter dapat terjadi dengan memberikan arus listrik pada pola konduktif sehingga menimbulkan energi panas pada bagian tertentu. Kelebihan dari sinter elektrik adalah dapat digunakan pada media yang sensitif terhadap panas, dikarenakan panas timbul pada daerah konduktif saja, selain itu waktu yang diperlukan singkat (Allen dkk., 2008).

2.2 Etilen Glikol

Etilen glikol atau 1,2 etandiol memiliki rumus molekul $C_2H_6O_4$ pertama kali disintesis oleh Wurs dengan mereaksikan 1,2 dibromoetan dengan perak asetat menghasilkan glikol diasetat, dengan proses hidrolisis senyawa glikol diasetat berubah menjadi etilen glikol. Etilen glikol memiliki struktur seperti Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Struktur etilen glikol

Adapun karakteristik dari etilen glikol ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Karakteristik etilen glikol

Berat molekul	62,07 g.mol
Bentuk	Cair
Warna	Jernih tidak berwarna
Titik didih	197,6 C
Titik beku	-13 C
Viskositas	20,9 Mpa.s
Densitas	1,1135 g/ml

(Othmer, 1998)

Etilen glikol biasa digunakan dalam industri poliester, anti freze, pendingin mesin, bahan pengemulsi pada aspal, sebagai bahan adhesif, bahan tambahan pada pembuatan cat, tinta cetak, tinta pada pena, dan kosmetik (LATIFAH, 2015).

2.3 Amonia

Ammonia adalah gas tajam yang tidak berwarna dengan titik didih 33,5 °C. Cairannya mempunyai panas penguapan sebesar 1,37 kJ/g pada titik didihnya dan dapat ditangani dengan peralatan laboratorium biasa (Cotton.Wilkinson, 1989).

Amonia di atmosfer merupakan gas alkali utama, bentuk utamanya adalah NH_3 , tapi dengan cepat dapat bereaksi dengan senyawa lain yang berada di atmosfer seperti SO_2 dan NO_x membentuk amonium yang mengandung aerosol $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dan nitrat NH_4NO_3 (Hornung M.Sutton M, 1995).

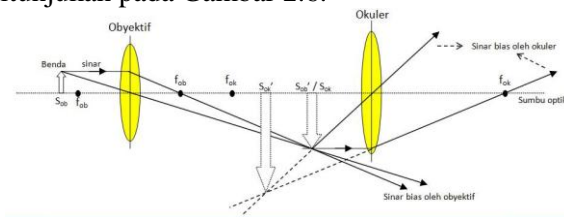


Amonia disintesis dengan mereaksikan antara hidrogen dengan nitrogen (2.1). Hidrogen yang digunakan berasal dari gas alam sedangkan nitrogen berasal dari udara bebas.

2.4 Mikroskop Optik

Mikroskop merupakan alat bantu untuk mengamati obyek yang berukuran sangat kecil (mikroskopis). Mikroskop cahaya merupakan salah satu jenis mikroskop yang memanfaatkan cahaya dalam penggunaannya, mikroskop cahaya memiliki pembesaran maksimum 1000x, mikroskop cahaya memiliki tiga sistem lensa antara lain lensa objektif, lensa okuler, dan kondensor. Lensa objektif dan lensa okuler terletak pada kedua ujung tabung mikroskop. Lensa okuler pada mikroskop bisa berupa lensa tunggal atau lensa ganda, sedangkan lensa objektif berada di ujung bagian bawah bisa terdiri dari tiga lensa atau lebih. Lensa objektif berfungsi membentuk bayangan riil obyek yang diamati, bayangan riil tersebut jatuh di depan lensa okuler yang jaraknya lebih kecil dari fokus lensa okuler, sehingga terbentuk bayangan maya. Kondensor berperan untuk menerangi obyek dan lensa mikroskop

yang lain. Secara umum pembentukan bayangan oleh lensa mikroskop ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Proses pembentukan bayangan pada mikroskop optik

Sistem pencitraan mikroskop digital terdiri dari tiga komponen utama yaitu sistem mekanik, sistem elektronik dan kamera sebagai pengambil citra. Sistem mekanik berfungsi untuk menggerakkan penggerak kasar dan halus untuk mendapatkan titik fokus yang dikendalikan oleh sistem elektronik (Adi dkk., 2012).

2.5 Konduktivitas

Salah satu sifat yang dimiliki logam adalah kemampuan untuk menghantarkan arus listrik atau sering disebut konduktif, dalam keadaan padat atom-atom logam tersusun dalam susunan rapat (*closest-packing arrangement*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7, jika ditinjau dari letak logam pada tabel periodik maka dapat dinyatakan bahwa logam memiliki elektronegatifitas yang rendah, sehingga elektron terluar dari atom logam relatif tidak terikat secara kuat dan dapat bergerak bebas, hal inilah yang menyebabkan logam dapat menghantarkan arus listrik. Konduktivitas yang dimiliki tiap logam berbeda hal ini dipengaruhi oleh gaya tarik elektron terluar dengan ion ion positif didalamnya.

Konduktivitas dapat dinyatakan sebagai sigma (σ), untuk mengukur besarnya konduktivitas suatu logam dapat menggunakan persamaan

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \quad (2.5)$$

Dimana rho (ρ) dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan

$$R = \rho \frac{1}{A} \quad (2.6)$$

Dimana :

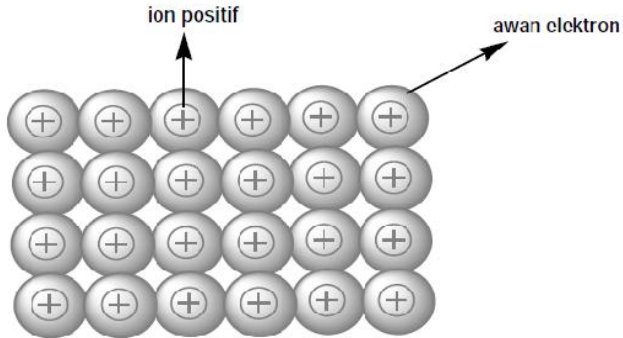
R = Hambatan logam (Ω)

l = Panjang pengukuran (cm)

A = Luas penampang logam (cm^2)

ρ = Hambatan jenis logam ($\Omega \text{ cm}$)

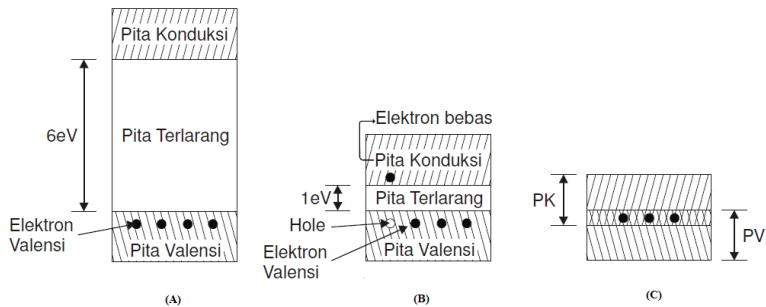
σ = konduktivitas logam ($\Omega \text{ cm}$)⁻¹



Gambar 2. 7 Susunan *closest-packing arrangement* atom logam

Berdasarkan konduktifitasnya zat padat dapat digolongkan menjadi tiga kelompok yaitu konduktor, semikonduktor, dan isolator. Untuk bisa menjelaskan konduktifitas bahan seringkali menggunakan konsep pita energi, dimana pita energi terdiri dari pita konduksi dan pita valensi. Pita valensi merupakan pita energi yang mungkin diisi oleh elektron dari zat padat hingga komplit, setiap pita memiliki $2N$ elektron dengan N adalah jumlah atom. Bila masih ada elektron yang tersisa akan mengisi pita konduksi. Untuk konduktor ketika suhu 0K sebagian elektron akan mengisi pita konduksi, sedangkan pada semikonduktor dan isolator tidak ada elektron yang mengisi pita konduksi.

Perbedaan lain terletak pada energi gap E_g yaitu selang energi antara pita konduksi minimum dan pita valensi maksimum. Pada semikonduktor $E_g \sim 1 \text{ eV}$ sedangkan pada isolator $E_g \sim 6 \text{ eV}$. Perbedaan pita energi pada konduktor, semikonduktor, dan isolator dapat ditunjukkan pada Gambar 2.8



Gambar 2. 8 perbedaan pita energi bahan isolator (A), semikonduktor (B), dan konduktor (C)

Besarnya energi gap pada materi isolator menyebabkan elektron sulit berpindah dari pita valensi menuju pita konduksi, sedangkan pada materi semikonduktor energi gap antara pita valensi dan pita konduksi tidak terlalu besar sehingga memungkinkan terjadinya perpindahan elektron dari pita valensi menuju pita konduktif, pada materi konduktor terjadi tumpang tindih antara pita valensi dan pita konduksi, sehingga elektron dapat dengan leluasa berpindah (Hayt and Buck, 2006).

2.6 Uji Anova

Analisis varians (analysis of variace) atau ANOVA adalah suatu metode analisis statistika yang termasuk ke dalam cabang statistika inferensi. Dan dapat digolongkan kedalam beberapa kriteria yaitu :

1. Kasifikasi satu arah (One way ANOVA)
2. Klasifikasi dua arah (Two Way ANOVA)
3. Klasifikasi banyak arah (MANOVA)

Anova satu arah digunakan apabila data yang akan dianalisa terdiri dari satu variabel terikat dan satu variabel bebas. Untuk menentukan F_{hitung} ada beberapa parameter yang harus diperhatikan yang pertama adalah menentukan jumlah kuadrat antar kelompok (JKa) dengan menggunakan persamaan (2.7)

$$JKa = \sum \frac{T^2}{n} - \frac{G^2}{N} \quad (2.7)$$

Dimana T adalah total rata-rata masing-masing kelompok, G adalah total rata-rata keseluruhan, n adalah jumlah sampel masing-masing kelompok, dan N adalah jumlah sampel keseluruhan. Setelah ditentukan nilai JKa langkah berikutnya adalah menentukan jumlah kuadrat dalam (JKd), dimana nilai JKd sama dengan nilai jarak kuadrat simpangan masing-masing kelompok, setelah itu menentukan jumlah kuadrat penyimpangan total (*total sum of squares*), jumlah kuadrat penyimpangan total adalah jumlah kuadrat selisih antara skor individual dengan rata-rata totalnya disimbolkan dengan JKT. Nilai JKT dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (2.8) atau (2.9)

$$JKT = \sum X^2 - \frac{G^2}{N} \quad (2.8)$$

$$JKT = JKa + JKd \quad (2.9)$$

Nilai Fhitung dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (2.10).

$$F = \frac{RKa}{RKd} \quad (2.10)$$

Nilai RKa dan RKd dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (2.11)-(2.14).

$$RKa = \frac{JKa}{df\ JKa} \quad (2.11)$$

$$RKd = \frac{JKd}{df\ JKd} \quad (2.12)$$

Dimana

$$df\ JKa = K - 1 \quad (2.13)$$

$$df\ JKd = N - k \quad (2.14)$$

setelah nilai F_{hitung} ditentukan maka hasil tersebut dibandingkan dengan F_{tabel} , jika F_{hitung} lebih besar dari F_{tabel} maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, ini mengindikasikan adanya perbedaan dalam keseluruhan data. Jika F_{hitung} lebih kecil dari F_{tabel} maka H_0 diterima yang berarti tidak ada perbedaan dalam keseluruhan data.

Selain menggunakan nilai F_{hitung} juga dapat menggunakan nilai P_{value} , jika $sig\ P_{value}$ kurang dari nilai signifikansi maka H_0 ditolak, sebaliknya jika P_{value} lebih besar dari nilai signifikansi maka H_0 diterima (Ronald E, 1995)

2.7 Uji Least Significant Difference (LSD)

Uji *Least Significant Difference* (LSD) juga dikenal sebagai uji beda nyata terkecil (BNT) yang diperkenalkan oleh Ronald Fisher, uji LSD merupakan uji lanjutan setelah pada uji anova ditemukan perbedaan dalam populasi data. Uji LSD bertujuan untuk mengetahui adanya perbedaan hasil dari dua atau lebih perlakuan secara statistika. Perhitungan nilai LSD dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.15)

$$\text{LSD} = t_{(\alpha, df \text{ JKd})} \times \sqrt{\frac{2 \times \text{RKd}}{n}} \quad (2.15)$$

Tabel 2. 2 Hasil notasi pada uji LSD.

Perlakuan	Rata-rata
A	V ^(a)
B	W ^(a)
C	X ^(b)
D	Y ^(b)
E	Z ^(c)

Dua perlakuan dianggap memiliki perbedaan jika selisih rata-rata dari dua perlakuan tersebut lebih besar dari nilai LSD, jika selisih kurang dari nilai LSD bisa disimpulkan kedua perlakuan tidak memiliki perbedaan secara signifikan. Untuk mempermudah maka diberi notasi pada tiap perlakuan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.2. pada tabel tersebut nilai rata-rata dari tiap perlakuan diberi notasi (a), (b), dan (c). Nilai rata-rata yang memiliki notasi sama dapat disimpulkan tidak memiliki perbedaan, sebaliknya jika notasi yang diberikan berbeda, maka dapat ditarik kesimpulan terdapat perbedaan pada nilai rata-rata kedua perlakuan yang dibandingkan (Williams dan Abdi, 2010).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain peralatan gelas laboratorium, oven, pengaduk magnetik, neraca analitik, neraca analitik, multimeter Keithley 2100, termometer, penangas es, alat suntik, mikroskop digital, alat tulis pola konduktif.

3.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain logam perak, HNO_3 65% SAP Chemicals, $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 99,9% Merck, aqua DM, amonia 25% Merck, etilen glikol 99,5% aldrich, kertas foto, kertas saring kasar.

3.2 Metodologi Penelitian

3.2.1 Pembuatan Larutan Etilen Glikol

3.2.1.1 Pembuatan Lartuan Etilen Glikol 40%

Etilen glikol 99,5% sebanyak 10,05 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL. Ditambahkan aqua DM hingga tambah batas dan kocok beberapa kali.

3.2.1.2 Pembuatan Larutan Etilen Glikol 30%

Larutan etilen glikol 40% sebanyak 18,75 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL. Ditambahkan aqua DM hingga tambah batas dan kocok beberapa kali.

3.2.1.3 Pembuatan Larutan Etilen Glikol 20%

Larutan etilen glikol 40% sebanyak 5 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL. Ditambahkan aqua DM hingga tambah batas dan kocok beberapa kali.

3.2.1.4 Pembuatan larutan etilen glikol 10%

Larutan etilen glikol 40% sebanyak 2,5 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL. Ditambahkan aqua DM hingga tambah batas dan kocok beberapa kali.

3.2.2 Pembuatan AgNO_3

Logam perak sebanyak 5 gram dimasukkan kedalam glas beaker 50 mL, ditambah dengan asam nitrat 65% sebanyak 7 mL, suhu dinaikan hingga 90 °C, setelah logam larut sempurna, pelarut dihilangkan dengan diuapkan. Kristal yang diperoleh di oven pada suhu 100 °C selama satu jam.

3.2.3 Pembutan Perak Oksalat

Larutan AgNO_3 0,164M sebanyak 100 mL direaksikan dengan 100 mL larutan asam oksalat 0,0822M, setelah penambahan campuran diaduk selama 5 menit. seketika terbentuk padatan berwarna putih. Campuran didiamkan hingga padatan mengendap sempurna. Endapan disaring dan dicuci dengan 10 mL aquades sebanyak 3 kali. Endapan dikeringkan pada suhu 55 °C selama satu jam.

3.2.4 Pembuatan Tinta Konduktif

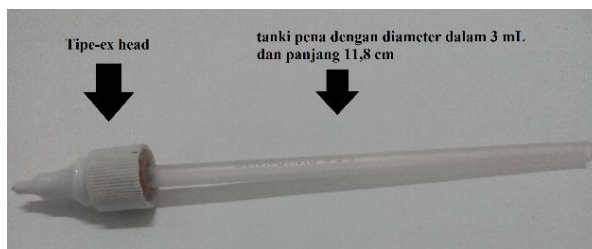
Perak oksalat sebanyak 0,8 gram dimasukkan kedalam botol vial dan dilarutkan dengan 4 mL larutan amonia 25%, campuran diaduk selama 15 menit di dalam penangas es pada suhu 10 °C hingga terlarut sempurna. kemudian larutan ditambah dengan etilen glikol sebanyak 1 mL. Konsentrasi etilen glikol yang digunakan sesuai dengan Tabel 3.1. Pengadukan dilanjutkan selama 30 menit hingga larutan homogen.

Tabel 3. 1 Variasi konsentrasi etilen glikol.

Sampel	perak oksalat (gr)	amonia 25% (mL)	% etilen glikol (1mL)
A	0,8	4	0
B	0,8	4	10
C	0,8	4	20
D	0,8	4	30
E	0,8	4	40

3.2.5 Pembuatan Pola Konduktif

Sebanyak 1 mL larutan A,B,C,D,E masing-masing dimasukkan kedalam alat tulis yang telah dimodifikasi (Gambar 3.1) dengan menggunakan alat suntik, setelah itu larutan dituliskan pada kertas foto berukuran 10 x 5 cm membentuk pola garis dengan panjang 3,5 cm. Pola garis dipanaskan pada suhu 170°C menggunakan oven selama 20 menit. pola konduktif yang telah terbentuk ditempatkan pada suhu ruang dan diukur nilai resistansinya menggunakan multimeter.

**Gambar 3. 1** Alat tulis untuk mencetak pola konduktif.

3.2.6 Variasi Temperatur Pemanasan pada Pola Konduktif

Variasi temperatur pemanasan pada pola konduktif dilakukan dengan perlakuan sebagai berikut; sebanyak 1 mL larutan E dimasukkan kedalam alat tulis yang telah dimodifikasi dengan menggunakan alat suntik, setelah itu larutan dituliskan

pada kertas foto berukuran 10 x 5 cm membentuk pola garis dengan panjang 3,5 cm. Pola garis dipanaskan pada variasi suhu sebesar 155; 170; 185; 200; 215 °C. Selama 20 menit.

3.2.7 Variasi Waktu Pemanasan pada Pola Konduktif

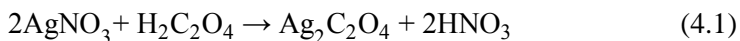
larutan E sebanyak 1 mL dimasukan kedalam alat tulis yang telah dimodifikasi dengan menggunakan alat suntik, setelah itu larutan dituliskan pada kertas foto berukuran 10 x 5 cm membentuk pola garis dengan panjang 3,5 cm. Pola garis dipanaskan pada suhu 215 °C dengan rentan waktu 10; 20; 30;40; 50; 60 menit.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembuatan Perak Oksalat

Perak oksalat disintesis dengan mereaksikan larutan perak nitrat dengan asam oksalat. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Pengeringan endapan dilakukan pada suhu 55 °C untuk menghindari perubahan pada sampel. Hasil sintesis perak oksalat ditunjukkan pada Gambar 4.1.

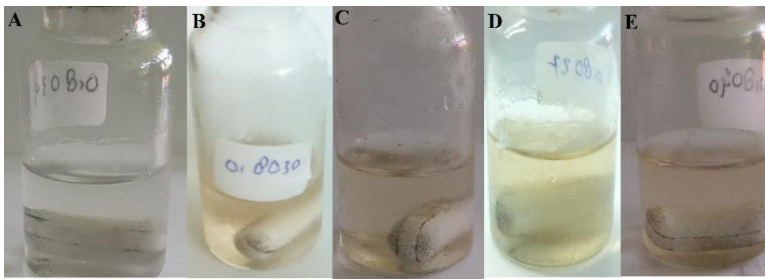


Gambar 4. 1 Hasil sintesis perak oksalat.

4.2 Pembuatan Tinta Konduktif

Senyawa perak yang digunakan dalam penelitian ini adalah perak oksalat. Perak oksalat dipilih karena memiliki kandungan perak sebesar 71% (Dong dkk., 2015). Perak oksalat dapat dilarutkan menggunakan senyawa-senyawa yang memiliki gugus amin. Perak oksalat dapat larut dalam pelarut amin melalui reaksi kompleks (Dong dkk., 2015). Pelarut amin yang digunakan pada penelitian ini adalah amonia. Amonia memiliki kemampuan

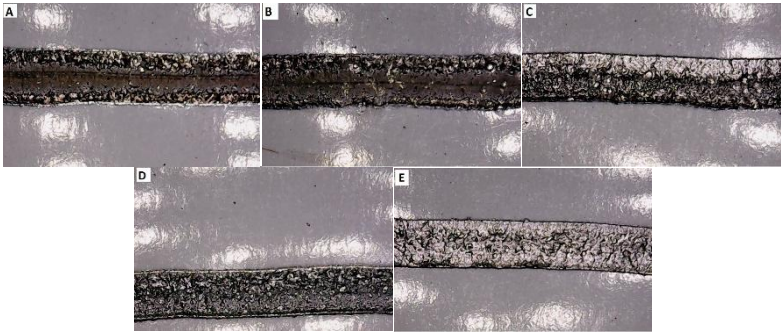
untuk berkoordinasi lebih baik jika dibandingkan dengan etilamin, dietilamin, dan trietilamin (Clifton, 1967). Hasil sintesis tinta konduktif dari perak oksalat-amonia dapat dilihat pada Gambar 4.2. Tinta konduktif yang telah disintesis tanpa penambahan etilen glikol terlihat bening (Gambar 4.2a). Penambahan etilen glikol 10-40% menyebabkan warna tinta yang dihasilkan sedikit kekuningan (Gambar 4.2 b-e). Berdasarkan Gambar 4.2, pada semua larutan baik tanpa maupun dengan penambahan etilen glikol, tidak menunjukkan adanya partikel yang teraglomerasi.



Gambar 4. 2 Tinta konduktif tanpa penambahan etilen glikol (A), penambahan etilen glikol 10% (B), penambahan etilen glikol 20% (C), penambahan etilen glikol 30% (D) dan penambahan etilen glikol 40% (E).

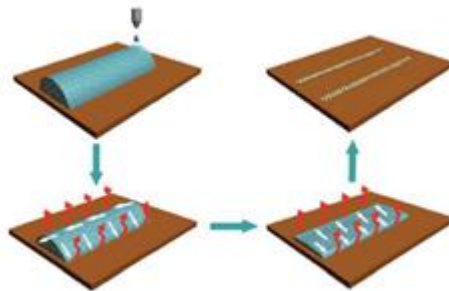
4.3 Pengaruh Konsentrasi Etilen Glikol terhadap Hasil Cetak Tinta Konduktif

Pembuatan pola konduktif dilakukan dengan metode penulisan secara langsung pada kertas foto. Hasil dari pemanasan dapat dilihat pada Gambar 4.3. Gambar 4.3 (a) dan (b), terlihat bahwa perak terbentuk di bagian *outliner* saja dengan penambahan 1 mL etilen glikol 0% dan 10%. Penambahan 1 mL etilen glikol 20, 30 dan 40% menghasilkan perak yang terbentuk merata seluruh bagian. Hal ini dikarenakan pada variasi tersebut terjadi efek cincin kopi (*coffee ring effect*). Efek ini menyebabkan partikel perak terbentuk di daerah tepi pola, sehingga hanya sedikit perak yang terbentuk pada bagian tengah pola konduktif (Kim dkk., 2006).



Gambar 4. 3. Penampakan mikroskopis pola konduktif yang telah dipanaskan pada suhu 170 °C selama 20 menit dengan penambahan etilen glikol: (A) 0%; (B) 10%; (C) 20%; (D)30% dan (E) 40%.

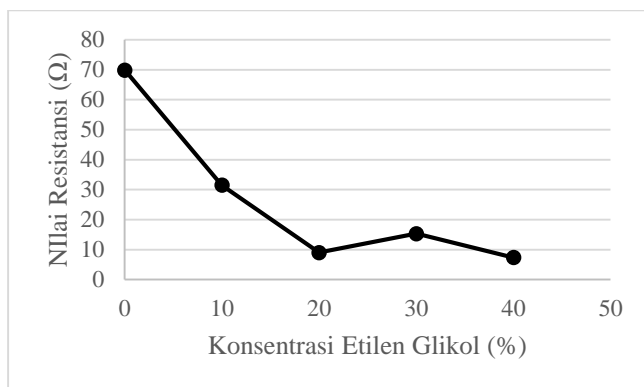
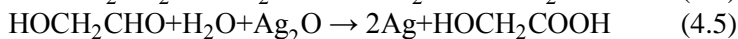
Penguapan pelarut secara kuat akan menyebabkan terjadinya agregasi partikel di bagian terluar pola, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4 Gambar tersebut menjelaskan ketika proses pemanasan pola konduktif yang masih basah dapat menyebabkan terjadinya aliran fluida dan membawa partikel di dalamnya menuju ke arah luar. Setelah pelarut menguap, partikel terdeposit dan membentuk pola pada bagian *outliner* saja (Chen dkk., 2015)



Gambar 4. 4 Ilustrasi pengeringan tinta konduktif yang dipengaruhi efek cincin kopi.

Pada dasarnya efek cincin kopi dipengaruhi oleh faktor pergerakan partikel dan waktu penguapan pelarut (Shen dkk., 2010). Penambahan etilen glikol pada proses pembuatan, membuat tinta konduktif yang dihasilkan lebih *viscous*. Hal ini dapat mereduksi adanya aliran fluida dalam larutan sehingga efek cincin kopi dapat dihindari.

Selain diamati bentuk fisiknya, pola konduktif juga diukur nilai resistansinya dengan menggunakan multimeter. Pada penambahan 0, 10, 20, 30, 40% etilen glikol memberikan nilai resistansi masing-masing sebesar 69,853; 31,489; 9,037; 15,321; 7,382 Ω , pengaruh konsentrasi etilen glikol terhadap nilai resistansi pola konduktif dapat dilihat pada Gambar 4.5. Nilai resistansi yang paling rendah adalah saat penambahan 1 mL etilen glikol 40 %. Saat proses pemanasan senyawa perak organik akan mengalami dekomposisi membentuk Ag_2O . Di lain pihak etilen glikol pada suhu tinggi akan membentuk glikol aldehyd (Chang dkk., 2012). Senyawa dengan gugus aldehyd dapat mereduksi Ag_2O menjadi Ag.



Gambar 4. 5 Grafik pengaruh konsentrasi etilen glikol terhadap nilai resistansi

Dari gambar tersebut dapat ditarik kesimpulan semakin besar konsentrasi etilen glikol yang tambahkan, semakin kecil pula nilai resistansi dari pola konduktif. hal ini dikarenakan semakin banyak etilen glikol yang berubah menjadi glikol aldehid dan mereduksi Ag_2O menjadi Ag.

4.3.1 Uji Anova dan Uji LSD pada Data Resistansi Variasi Konsentrasi Etilen Glikol

Telah dilakukan pengujian anova terhadap nilai resistansi pola konduktif pada variasi konsentrasi etilen glikol, hasil pengujian anova dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan 4.2. dari tabel tersebut dapat ditarik informasi bahwa nilai F_{hitung} sebesar 372,459 sedangkan nilai F_{crit} adalah sebesar 2,866, nilai F_{hitung} lebih besar jika dibandingkan dengan F_{crit} sehingga dapat ditarik kesimpulan pada kumpulan data resistansi pengaruh konsentrasi etilen glikol terdapat perbedaan yang signifikan.

Tabel 4. 1 Perhitungan data statistik resistansi pola konduktif untuk uji anova

Anova: Single Factor				
SUMMARY				
<i>Konsentrasi</i> (%)	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
0	5	349,268	69,8536	19,4270683
10	5	157,448	31,4896	22,9843413
20	5	45,185	9,037	0,4992925
30	5	76,608	15,3216	2,2535983
40	5	36,911	7,3822	0,1386847

Setelah diketahui terdapat perbedaan yang signifikan pada kumpulan data, selanjutnya dilakukan uji LSD, nilai LSD dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.15)

Nilai LSD menjadi acuan untuk menyatakan ada atau tidak adanya perbedaan yang signifikan dari tiap perlakuan, jika selisih rata-rata nilai resistansi dari dua perlakuan kurang dari nilai LSD maka dapat disimpulkan bahwa kedua data tidak berbeda secara signifikan, sebaliknya jika hasil selisih rata-rata nilai resistansi lebih besar dari nilai LSD maka terdapat perbedaan yang signifikan dari kedua data.

Hasil uji LSD dapat dilihat pada Tabel 4.3, pada tabel tersebut setiap perlakuan diberi notasi-notasi yang memberikan hubungan antara perlakuan satu dengan yang lain. Dari uji LSD memberikan notasi yang sama saat penambahan 20% etilen glikol dan 40% etilen glikol, keduanya diberikan notasi (a), hal ini diartikan nilai resistansi yang dihasilkan dari penambahan 20% dan 40% etilen glikol tidak berbeda signifikan. sedangkan jika dibandingkan dengan penambahan 0; 10; 30% etilen glikol akan diperoleh perbedaan secara signifikan.

Tabel 4. 2 Uji Anova data resistansi pola konduktif dengan variasi konsentrasi

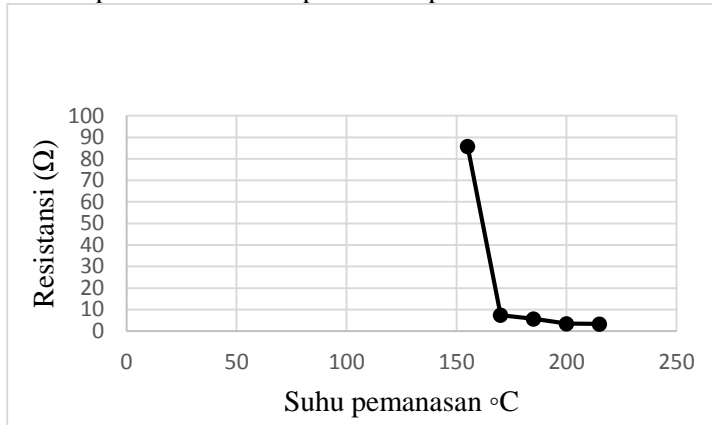
ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	13498,8	4	3374,707253	372,4597006	1,81E-18	2,866081
Within Groups	181,212	20	9,06059702			
Total	13680	24				

Tabel 4. 3 Uji LSD data resistansi pola konduktif dengan variasi konsentrasi etilen glikol

t,.(prob,df)	2,085963	Konsentrasi Etilen Glikol	Notasi pada Uji LSD				
MS	9,060597		0% ^(d)	10% ^(c)	20% ^(a)	30% ^(b)	40% ^(a)
n	5						
LSD	3,971139						

4.4 Pegaruh Suhu Pemanasan Terhadap Nilai Resistansi

Pada penelitian ini variasi suhu pemanasan adalah 155, 170, 185, 200, dan 215 °C. Pengaruh suhu pemanasan terhadap nilai resistansi pola konduktif dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Grafik pengaruh suhu pemanasan terhadap nilai resistansi.

Pemanasan suhu 170; 185; 200; dan 215 °C masing-masing memberikan nilai resistansi sebesar 7,705; 6,243; 4,497; dan 3,228 Ω. Pemanasan pada suhu 155 °C memberikan hasil resistansi yang besar yaitu sebesar 85,774 Ω, pada suhu 155 °C telah terbentuk pola konduktif yang mengindikasikan glikol aldehid telah mereduksi perak osida. Diperkirakan pada suhu tersebut masih terdapat etilen glikol yang masih belum terdekomposisi. Sehingga terdapat senyawa organik yang tertinggal pada pola konduktif dan mempengaruhi nilai resistansi pola konduktif.

Nilai resistansi rendah diperoleh saat pemanasan pada suhu 215 °C. Semakin tinggi suhu yang digunakan dalam proses pemanasan, maka partikel perak akan tumbuh lebih besar dan akan saling terkoneksi satu sama lain dan membentuk pola konduktif yang halus. Sehingga menghasilkan resistansi yang lebih kecil jika

dibandingkan dengan pemanasan pada suhu rendah (Nie dkk., 2012)

4.4.1 Uji Anova dan Uji LSD pada data resistansi variasi Suhu pemanasan selama 20 menit.

Telah dilakukan uji Anova untuk menentukan ada atau tidak adanya perbedaan yang signifikan pada nilai resistansi pola konduktif dengan variasi suhu pemanasan. Hasil uji anova ditunjukkan pada Tabel 4.4 dan 4.5.

Tabel 4. 4 Perhitungan Data Statistik Resistansi Pola Konduktif untuk Uji Anova dengan variasi suhu pemanasan

Anova: Single Factor				
SUMMARY				
Suhu °C	Count	Sum	Average	Variance
155	5	428,874	85,7748	7,961591
170	5	36,911	7,3822	0,138685
185	5	28,589	5,7178	0,264041
200	5	17,214	3,4428	0,088583
215	5	16,449	3,2898	0,003144

Hasil uji anova menunjukkan F_{hitung} memiliki nilai sebesar 3870,455, sedangkan nilai F_{crit} sebesar 2,866, dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan signifikan pada keseluruhan data. Selanjutnya dilakukan uji LSD untuk mengetahui perbedaan dari tiap perlakuan. Hasil uji LSD ditunjukkan pada Tabel 4.7. Uji LSD menunjukkan notasi yang sama saat pemanasan pada suhu 170 dan 185 °C notasi yang diberikan untuk keduanya adalah notasi (b), hal ini dapat disimpulkan pemanasan pada suhu tersebut memberikan nilai resistansi yang tidak berbeda secara signifikan, hal serupa ditemukan saat pemanasan pada suhu 200 dan 215 °C, dimana notasi yang diberikan untuk keduanya adalah notasi (a). Sedangkan saat

pemanasan pada suhu 155°C data yang dihasilkan diberi notasi (c) yang mengindikasikan terdapat perbedaan yang signifikan jika dibandingkan dengan pemanasan pada suhu 170/185°C dan 200/215°C.

Tabel 4. 5 Uji Anova data resistansi pola konduktif dengan variasi suhu pemanasan

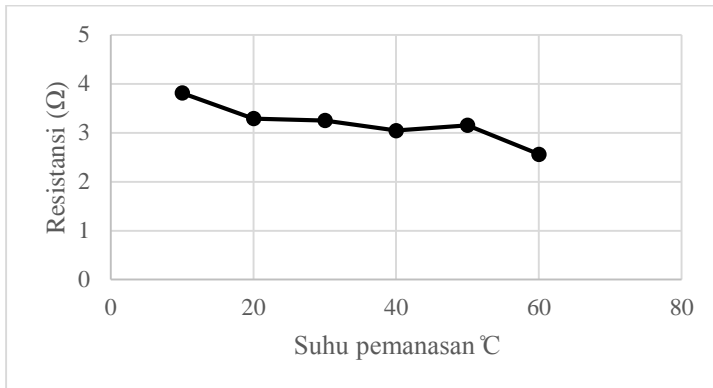
ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	26182,99	4	6545,747	3870,455	1,4E-28	2,866081
Within Groups	33,82417	20	1,691209			
Total	26216,81	24				

Tabel 4. 6 Uji LSD data resistansi pola konduktif dengan variasi suhu pemanasan selama 20 menit.

t,.(prob,df) MS n LSD	2,085963 1,691209 5 1,715676	Suhu Pemanasan	Notasi pada Uji LSD				
			155 ^(C)	170 ^(b)	185 ^(b)	200 ^(a)	215 ^(a)

4.5 Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap Nilai Resistansi

Telah dilakukan variasi waktu pemanasan untuk menentukan seberapa besar pengaruh waktu pemanasan terhadap nilai resistansi pola konduktif. pengaruh waktu pemanasan terhadap nilai resistansi pola konduktif ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Grafik pengaruh waktu pemanasan terhadap nilai resistansi

Nilai resistansi pola konduktif yang diperoleh berdasarkan variasi waktu pemanasan adalah sebesar 3,814; 3,289; 3,251; 3,044; 3,154; 2,561 Ω. Pemanasan pola konduktif dilakukan pada suhu 215 °C, pada suhu 215 °C diperkirakan senyawa perak yang terkandung pada tinta konduktif telah tereduksi secara optimal dan zat organik yang terkandung di dalam tinta konduktif juga telah terdekomposisi dengan sempurna, sehingga pengaruh waktu pemanasan tidak terlalu signifikan bila dibanding dengan pengaruh suhu.

4.5.1 Uji Anova dan Uji LSD pada Data Resistansi Variasi Waktu Pemanasan

Telah dilakukan uji Anova untuk menentukan ada atau tidak adanya perbedaan yang signifikan pada nilai resistansi pola konduktif dengan variasi waktu pemanasan. Hasil uji anova ditunjukkan pada Tabel 4.7 dan 4.8.

Tabel 4. 7 Perhitungan data statistik resistansi pola konduktif untuk uji anova pada variasi waktu pemanasan

Anova: Single Factor				
SUMMARY				
waktu (m)	Count	Sum	Average	Variance
10	5	19,07	3,814	0,042891
20	5	16,449	3,2898	0,003144
30	5	16,256	3,2512	0,003248
40	5	15,222	3,0444	0,00599
50	5	15,772	3,1544	0,029104
60	5	12,809	2,5618	0,010953

Hasil uji anova menunjukkan F_{hitung} memiliki nilai sebesar 51,615, sedangkan nilai F_{crit} sebesar 2,620, dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan signifikan pada keseluruhan data. Selanjutnya dilakukan uji LSD untuk mengetahui perbedaan dari tiap perlakuan. Hasil uji LSD ditunjukkan pada tabel 4.9. dari uji LSD memberikan notasi (a) saat pemanasan 60 menit, notasi bc saat 50 menit, notasi (b) saat 40 menit, notasi (c) saat 20 dan 30 menit dan notasi (d) saat pemanasan 10 menit, dari notasi-notasi diatas yang tidak menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan adalah pemanasan saat 20, 30, 50 menit, dan pemanasan saat 40 dan 50 menit.

Tabel 4. 8 Uji Anova data resistansi pola konduktif dengan variasi waktu pemanasan

ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	4,100421	5	0,820084	51,61566	4,62E-12	2,620654
Within Groups	0,381319	24	0,015888			
Total	4,48174	29				

Tabel 4. 9 Uji LSD data resistansi pola konduktif dengan variasi waktu pemanasan.

t _α .(prob,df)	2,063899	Waktu Pemanasan	Notasi pada Uji LSD					
MS	0,015888		10 ^(d)	20 ^(c)	30 ^(c)	40 ^(b)	50 ^(bc)	60 ^(a)
n	5							
LSD	0,164534							

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya:

1. Penambahan etilen glikol mempengaruhi hasil fisik pola konduktif. Pada penambahan etilen glikol 0% dan 10% pola konduktif hanya terbentuk dibagian *outliner*, sedangkan pada penambahan 20%, 30%, 40% pola konduktif terbentuk secara merata.
2. Penambahan etilen glikol mempengaruhi nilai resistansi pola konduktif. hasil optimum ditunjukkan pada penambahan 1 mL etilen glikol 40% dengan nilai resistansi sebesar 7,3822 Ω .
3. Suhu pemanasan maksimum sebesar 215 $^{\circ}\text{C}$, pada suhu tersebut nilai resistansi pola konduktif adalah sebesar 3,2898 Ω .
4. Waktu pemanasan optimum adalah 60 menit, dengan nilai resistansi sebesar 2,5618 Ω .

5.2 Saran

Penelitian pengaruh konsentrasi etilen glikol terhadap pola konduktif perlu dilanjutkan dengan menggunakan metode inkjet printing untuk mengetahui kapabilitas tinta konduktif.

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, K., Firdausi, K.S., Gernowo, R., Rahardjo, B., Siena, I., Putranto, A.B., 2012. SISTEM PENCITRAAN MIKROSKOP DIGITAL UNTUK IDENTIFIKASI BAKTERI TUBERKULOSIS (TB). Pros. InSINas 2012.
- Allen, M.L., Aronniemi, M., Mattila, T., Alastalo, A., Ojanperä, K., Suhonen, M., Seppä, H., 2008. Electrical sintering of nanoparticle structures. *Nanotechnology* 19, 175201. doi:10.1088/0957-4484/19/17/175201
- Bieri, N.R., Chung, J., Poulikakos, D., Grigoropoulos, C.P., 2004. Manufacturing of nanoscale thickness gold lines by laser curing of a discretely deposited nanoparticle suspension. *Superlattices Microstruct.* 35, 437–444. doi:10.1016/j.spmi.2003.09.006
- Bromberg, V., Ma, S., Egitto, F.D., Singler, T.J., 2013. Highly conductive lines by plasma-induced conversion of inkjet-printed silver nitrate traces. *J. Mater. Chem. C* 1, 6842. doi:10.1039/c3tc31361a
- Chang, Y., Wang, D.-Y., Tai, Y.-L., Yang, Z.-G., 2012. Preparation, characterization and reaction mechanism of a novel silver-organic conductive ink. *J. Mater. Chem.* 22, 25296. doi:10.1039/c2jm34569b
- Chen, S.-P., Chiu, H.-L., Wang, P.-H., Liao, Y.-C., 2015. Inkjet Printed Conductive Tracks for Printed Electronics. *ECS J. Solid State Sci. Technol.* 4, P3026–P3033. doi:10.1149/2.0061504jss
- Clifton, J.R., 1967. Reactions of ethylamine and diethylamine with copper (I) and copper (II) chloride.
- Dong, Y., Li, X., Liu, S., Zhu, Q., Li, J.-G., Sun, X., 2015. Facile synthesis of high silver content MOD ink by using silver oxalate precursor for inkjet printing applications. *Thin Solid Films* 589, 381–387. doi:10.1016/j.tsf.2015.06.001
- Fuller, S.B., Wilhelm, E.J., Jacobson, J.M., 2002. Ink-jet printed nanoparticle microelectromechanical systems. *J.*

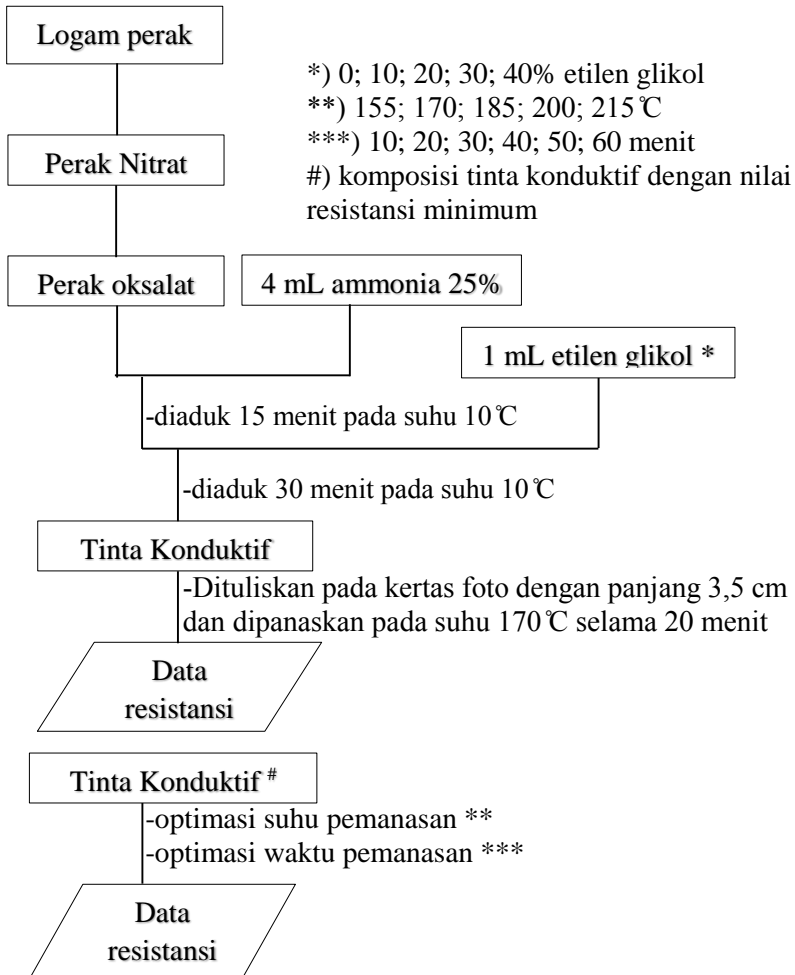
- Microelectromechanical Syst. 11, 54–60. doi:10.1109/84.982863
- Gamerith, S., Klug, A., Scheiber, H., Scherf, U., Moderegger, E., List, E.J.W., 2007. Direct Ink-Jet Printing of Ag–Cu Nanoparticle and Ag-Precursor Based Electrodes for OFET Applications. *Adv. Funct. Mater.* 17, 3111–3118. doi:10.1002/adfm.200600762
- Hayt, W.H., Buck, J.A., 2006. *Elektomagnetika*, 7th ed. Erlangga, Jakarta.
- Jeong, S., Song, H.C., Lee, W.W., Lee, S.S., Choi, Y., Son, W., Kim, E.D., Paik, C.H., Oh, S.H., Ryu, B.-H., 2011. Stable aqueous based Cu nanoparticle ink for printing well-defined highly conductive features on a plastic substrate. *Langmuir* 27, 3144–3149.
- Kao, Z.-K., Hung, Y.-H., Liao, Y.-C., 2011. Formation of conductive silver films via inkjet reaction system. *J. Mater. Chem.* 21, 18799. doi:10.1039/c1jm13506f
- Kim, D., Jeong, S., Park, B.K., Moon, J., 2006. Direct writing of silver conductive patterns: Improvement of film morphology and conductance by controlling solvent compositions. *Appl. Phys. Lett.* 89, 264101. doi:10.1063/1.2424671
- Ko, S.H., Pan, H., Grigoropoulos, C.P., Luscombe, C.K., Fréchet, J.M.J., Poulikakos, D., 2007. All-inkjet-printed flexible electronics fabrication on a polymer substrate by low-temperature high-resolution selective laser sintering of metal nanoparticles. *Nanotechnology* 18, 345202. doi:10.1088/0957-4484/18/34/345202
- Layani, M., Cooperstein, I., Magdassi, S., 2013. UV crosslinkable emulsions with silver nanoparticles for inkjet printing of conductive 3D structures. *J. Mater. Chem. C* 1, 3244–3249.
- Nie, X., Wang, H., Zou, J., 2012. Inkjet printing of silver citrate conductive ink on PET substrate. *Appl. Surf. Sci.* 261, 554–560. doi:10.1016/j.apsusc.2012.08.054
- Osborn, S., 2013. Makers at work: folks reinventing the world one object or idea at a time.

- Perelaer, J., Gans, B.-J. de, Schubert, U.S., 2006. Ink-jet printing and microwave sintering of conductive silver tracks. *Adv. Mater.* 18, 2101–2104.
- Perelaer, J., Smith, P.J., Mager, D., Soltman, D., Volkman, S.K., Subramanian, V., Korvink, J.G., Schubert, U.S., 2010. Printed electronics: the challenges involved in printing devices, interconnects, and contacts based on inorganic materials. *J. Mater. Chem.* 20, 8446–8453.
- Reinhold, I., Hendriks, C.E., Eckardt, R., Kranenburg, J.M., Perelaer, J., Baumann, R.R., Schubert, U.S., 2009. Argon plasma sintering of inkjet printed silver tracks on polymer substrates. *J. Mater. Chem.* 19, 3384–3388.
- Ronald E, W., 1995. Pengantar Statistika Edisi ke-3. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Shen, X., Ho, C.-M., Wong, T.-S., 2010. Minimal Size of Coffee Ring Structure. *J. Phys. Chem. B* 114, 5269–5274. doi:10.1021/jp912190v
- Valeton, J.J.P., Hermans, K., Bastiaansen, C.W.M., Broer, D.J., Perelaer, J., Schubert, U.S., Crawford, G.P., Smith, P.J., 2010. Room temperature preparation of conductive silver features using spin-coating and inkjet printing. *J Mater Chem* 20, 543–546. doi:10.1039/B917266A
- Williams, L., Abdi, H., 2010. Fisher's Least Significant Difference (LSD) Test.
- Yu, T., Liuyang, W., Tao, Y., Wang, B., Tai, Y., 2013. A facile approach to a silver conductive ink with high performance for macroelectronics. *Nanoscale Res. Lett.* 8, 296. doi:10.1186/1556-276X-8-296

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran A Skema Kerja



Lampiran B Pembuatan Larutan

B.1 Pembuatan Larutan Etilen Glikol 40%

Larutan etilen glikol 40% dibuat dengan pengenceran etilen glikol 99,5 % dengan labu ukur 25 mL. Dengan persamaan :

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$99,5\% \times V_1 = 40\% \times 25 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{40\% \times 25 \text{ mL}}{99,5\%}$$

$$V_1 = 10,05 \text{ mL}$$

Dengan cara yang sama dibuat larutan etilen glikol dengan konsentrasi 30; 20; 10 % sesuai Tabel B.1 berikut

Tabel B.1 Pembuatan variasi konsentrasi etilen glikol

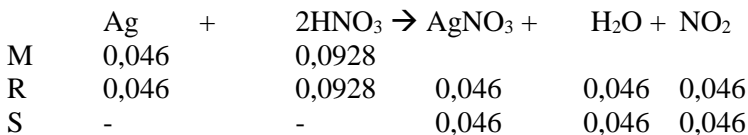
%EG	M ₁ (%)	V ₁ (mL)	M ₂ (%)	V ₂ (mL)
40	99,5	10,05	40	25
30	40	18,75	30	25
20	40	5	20	10
10	40	2,5	10	10

Lampiran C Perhitungan Pembuatan Padatan Perak Nitrat

Massa logam perak yang digunakan untuk pembuatan perak nitrat adalah sebesar 5 gram, mol logam perak yang digunakan

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\text{Massa logam perak}}{\text{Mr logam perak}} \\
 &= \frac{5 \text{ g}}{107 \text{ g/mol}} \\
 &= 0,046 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

Menurut reaksi :



Berdasarkan reaksi diatas jumlah HNO₃ 65% yang diperlukan adalah sebesar 0,0928 mol.

Molaritas HNO₃ 65% = 15,476 M.

Volume HNO₃ yang diperlukan :

$$\begin{aligned}
 V &= n \times M \\
 &= 0,0928 \times 15,476 \\
 &= 5,9 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa AgNO}_3 \text{ teori} &= 0,046 \times 170 \\
 &= 7,88 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rendemen} &= \frac{\text{maasa praktik}}{\text{massa teori}} \\
 &= \frac{7,76 \text{ gram}}{7,88 \text{ gram}} \\
 &= 98,477\%
 \end{aligned}$$

Lampiran D Perhitungan Pembuatan Padatan Perak Oksalat

Masa perak nitrat yang digunakan sebesar 2,7927 gram.
Perak nitrat dilarutkan dalam 100 mL aqua DM

Mol perak nitrat yang digunakan

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{Masa perak nitrat}}{\text{Mr perak nitrat}} \\ &= \frac{2,7927}{170} \\ &= 0,0164 \text{ mol} \\ M &= 0,164 \text{ M} \end{aligned}$$

Masa asam oksalat yang digunakan sebesar 0,7398 gram.
Asam oksalat dilarutkan dalam 100 mL aqua DM.

Mol asam oksalat yang digunakan

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{masa asam oksalat}}{\text{Mr asam oksalat}} \\ &= \frac{0,7398}{90} \\ &= 0,00822 \\ M &= 0,0822 \text{ M} \end{aligned}$$

	$2\text{AgNO}_3 + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightarrow \text{Ag}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{HNO}_3$			
M	0,0164	0,00822	-	-
R	0,0164	0,00822	0,00822	0,0164
S	-	-	0,00822	0,0164

Masa teori perak osalat yang terbentuk

$$\begin{aligned} \text{Masa} &= \text{mol} \times \text{Mr} \\ &= 0,00822 \times 303,82 \\ &= 2,497 \text{ gram} \end{aligned}$$

Masa perak oksalat yang diperoleh sebesar 2,396 gram

$$\begin{aligned} \text{Rendemen} &= \frac{\text{masa praktik}}{\text{masa teroi}} \times 100\% \\ &= \frac{2,396}{2,497} \times 100\% \\ &= 95,95\% \end{aligned}$$

Lampiran E Hasil pengukuran resistansi pola konduktif

E.1 Pengaruh Konsentrasi Etilen Glikol Terhadap Resistansi

Pola konduktif yang telah diperoleh diukur nilai resistansinya menggunakan multimeter dengan jarak pengukuran 1 cm. Hasil pengukuran resistansi pola konduktif terhadap variasi konsentrasi etilen glikol ditunjukkan pada Tabel E.1

Tabel E.1 Nilai resistansi pola konduktif pada variasi konsentrasi etilen glikol

%EG	Nilai resistansi (Ω)					Rata-rata (Ω)
	R1	R2	R3	R4	R5	
0	64,217	75,286	71,168	66,645	71,952	69,853
10	35,782	30,886	23,499	33,792	33,489	31,489
20	8,669	9,606	9,943	8,255	8,712	9,037
30	15,262	14,212	14,609	17,921	14,604	15,321
40	7,338	7,814	6,957	7,097	7,705	7,382

E.2 Pengaruh Suhu Pemanasan Terhadap Nilai Resistansi

Komposisi tinta konduktif yang memiliki nilai resistansi minimum selanjutnya dilakukan optimasi suhu pemanasan, pemanasan dilakukan selama 20 menit. Pola konduktif yang diperoleh diukur nilai resistansinya dengan jarak pengukuran 1 cm. Hasil pengukuran resistansi pola konduktif ditunjukkan pada Tabel E.2.

Tabel E.2 Nilai resistansi pola konduktif pada variasi konsentrasi etilen glikol

T (°C)	Nilai resistansi (Ω)					Rata-rata (Ω)
	R1	R2	R3	R4	R5	
155	81,696	88,736	85,531	88,107	84,804	85,774
170	7,338	7,814	6,957	7,097	7,705	7,382
185	5,291	6,139	5,836	5,08	6,243	5,717
200	2,92	3,626	3,542	3,629	3,497	3,442
215	3,282	3,373	3,312	3,254	3,228	3,289

E.3 Pengaruh waktu Pemanasan terhadap nilai resistansi

Telah dilakukan optimasi waktu pemanasan pada pola konduktif, pola konduktif dipanaskan pada suhu 215°C selama rentan waktu 10-60 menit. Pola konduktif yang diperoleh diukur nilai resistansinya dengan jarak pengukuran 1 cm. Hasil pengukuran resistansi pola konduktif ditunjukkan pada Tabel E.3.

Tabel E.3 Nilai resistansi pola konduktif pada variasi waktu pemanasan

Waktu (m)	Nilai resistansi (Ω)					Rata-rata (Ω)
	R1	R2	R3	R4	R5	
10	4,159	3,717	3,642	3,703	3,849	3,814
20	3,282	3,373	3,312	3,254	3,228	3,289
30	3,329	3,219	3,274	3,256	3,178	3,251
40	2,991	3,102	3,114	3,079	2,936	3,044
50	3,32	3,257	3,247	2,925	3,023	3,154
60	2,381	2,639	2,57	2,593	2,626	2,561

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Rachmat Hisyam Febriansyah. Penulis yang dilahirkan di Surabaya, 22 Februari 1994 ini merupakan anak kedua pasangan Bapak Dwi Winarno dan Ibu Elly Muchlisa L. Dengan satu orang kakak perempuan yaitu Wylla Anika Syahra. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Dharma Wanita (1999-2000), SDN Suko II (2000-2006), SMPN 1 Taman Sidoarjo (2006-2009), dan SMAN 1 Taman Sidoarjo (2009-2012). Penulis

melanjutkan jenjang pendidikan S1 di Jurusan Kimia FMIPA melalui jalur SNMPTN tulis dan terdaftar dengan Nomor Registrasi Pokok (NRP) 1412100051. Pada tahun kedua penulis pernah menjadi staff Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMKA) pada Divisi Minat Bakat periode 2013 2014 dan menjadi kepala Departemen *Student Passion Development* HIMKA periode 2014 - 2015. Penulis menyelesaikan program Sarjana dengan mengambil tugas akhir di bidang Kimia Analitik dibawah bimbingan Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M. Si. Penulis dapat dihubungi melalui rachmathisyamf@gmail.com